

تأثیر پالایش خمیرشیمیایی جوهرزدایی شده بر خواص نوری، فیزیکی و مقاومتهای مکانیکی کاغذ

محمد طلایی پور*

*مسئول مکاتبات، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات تهران m.talaeipoor@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: دی 1386 تاریخ پذیرش: اردیبهشت 1387

چکیده

اثر پالایش الیاف بازیافتی حاصل از خمیر کاغذهای شیمیایی جوهرزدایی شده بر خواص نوری، فیزیکی و مقاومتهای مکانیکی کاغذ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که با انجام پالایش خمیرهای جوهرزدایی شده، کلیه مقاومتهای مکانیکی کاغذ به استثناء مقاومت به پاره شدن بطور معنی داری افزایش می یابد. از نظر خواص نوری، روشنی کاغذ افزایش و ماتی کاهش می یابد. همچنین ضخامت و زبری سطح کاغذ بطور معنی داری کاهش و مقاومت کاغذ در برابر عبور هوا افزایش می یابد.

واژه های کلیدی: الیاف بازیافتی، پالایش، جوهرزدایی، ماتی، مقاومت کششی، زبری، مقاومت به تاشدن

مقدمه

در صنعت کاغذسازی، بمنظور بهبود و یکنواختی خواص فیزیکی و نیز افزایش مقاومتهای مکانیکی کاغذ و همچنین شکل گیری مطلوب تر ورقه تر کاغذ، از عملیات پالایش الیاف استفاده می گردد. پالایش الیاف از یک طرف باعث کاهش متوسط طول الیاف شده و از طرف دیگر منجر به بهبود و توسعه اتصالات بین فیبری می گردد که در نتیجه خواص فیزیکی و مقاومتهای مکانیکی کاغذ ارتقاء می یابد. میزان پالایش به نوع خمیر کاغذ (خمیر شیمیایی، خمیر مکانیکی، خمیر بازیافتی و...) و کاربرد نهایی کاغذ بستگی دارد. اگرچه بطور کلی خمیرهای بکر مورد پالایش قرار می گیرند، ولی در چند سال اخیر تحقیقاتی در مورد امکان پالایش الیاف بازیافتی صورت گرفته است. Lumiainen در سال 1992 پالایش الیاف بازیافتی و مزایا و معایب آن را مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق وی نشان داد که در اثر پالایش، قابلیت

اتصال الیاف بازیافتی بهبود می یابد و الیاف بازیافتی بهنگام پالایش رفتاری مشابه الیاف بکر از خود نشان می دهند. Bhat et al در سال 1991 تکنیکهای جدید در بهبود مقاومت الیاف بازیافتی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که خمیرسازی مجدد تحت شرایط قلیایی و پالایش، دو روش مورد قبول برای بهبود مقاومتهای الیاف بازیافتی است. Rangamannar and Silveri در سال 1990 تیمارهای مؤثر الیاف ثانویه برای تولید خمیر جوهرزدایی شده با کیفیت بالا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که پالایش الیاف بازیافتی با درصد خشکی زیاد باعث بهبود مقاومت و خواص ظاهری کاغذ می گردد. در سال 1993 DeFoe در بررسی بهترین شرایط پالایش خمیر کاغذهای OCC اعلام کرد، استفاده از پالایش الیاف در درصد خشکی کم باعث افزایش مقاومتهای فشاری و ترکیدن کاغذ می گردد. در حالی که پالایش در درصد خشکی زیاد باعث بهبود

روشنی^۱: T 452 om-02

ماتی^۲: T 425 om-01

ضخامت^۳: T 411 om-97

زبری سطح کاغذ^۴: T 538 om-01

مقاومت به عبور هوا^۵: T 460 om-02

مقاومت کششی^۶: T 494 om-01

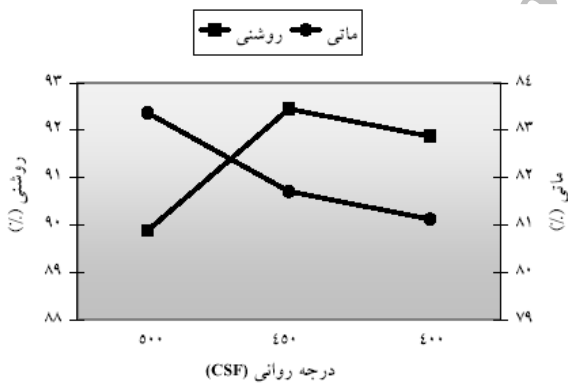
مقاومت به پاره شدن^۷: T 414 om-98

مقاومت به ترکیدن^۸: T 403 om-02

دوام در برابر تا شدن^۹: T 423 cm-98

نتایج

در نمودارهای 1 تا 6 نتایج پالایش خمیر جوهرزدایی شده بر خواص نوری، فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی کاغذ نشان داده شده است. همچنین در جدولهای 1 تا 10 نتایج آزمونهای آماری تأثیر پالایش بر خواص کاغذ آورده شده است.



نمودار ۱- روشن و ماتی کاغذهای دست ساز در درجه های روانی مختلف

- 1- Brightness
- 2- Opacity
- 3- Caliper
- 4- Roughness
- 5- Porosity
- 6- Tensile Strength
- 7- Tear Strength
- 8- Burst Strength
- 9- Folding Endurance

مقاومت به پارگی و مقاومت به عبور هوا در کاغذ می‌شود. از آنجایی که اثرهای پالایش بر روی ویژگیهای لیاف بازیافتی از جنبه‌های گوناگون قابل بررسی است، در این تحقیق سعی شده است که تأثیر عملیات پالایش روی خواص نوری، فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی خمیر جوهرزدایی شده از کاغذهای باطله شیمیایی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روشها

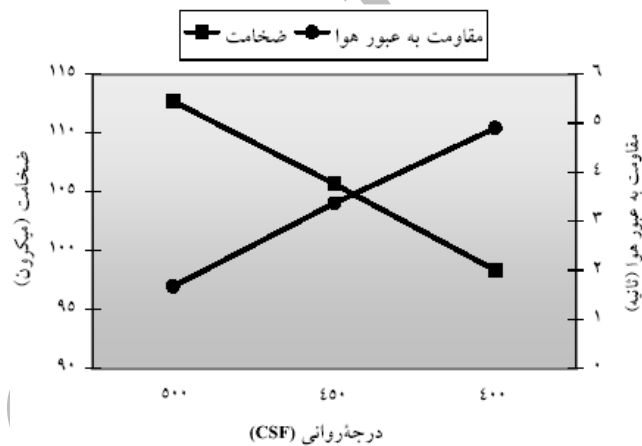
در این تحقیق کاغذهای باطله شیمیایی که دارای چاپ دو طرفه بودند از شرکت افست ایران تهیه گردید. سپس با استفاده از روش شناورسازی جوهر، خمیر جوهرزدایی شده از کاغذهای یاد شده آماده گردید. درجه روانی خمیر جوهرزدایی شده طبق استاندارد Tappi به شماره T227 om-99 تعیین گردید. از آنجایی که درجه روانی اولیه خمیر جوهرزدایی شده 500 CSF بود، بمنظور بررسی اثر پالایش بر ویژگیهای خمیرکاغذ، سه سطح درجه روانی (400 CSF، 450 CSF، 500CSF) در نظر گرفته شد. بهمین منظور خمیر جوهرزدایی شده بر طبق استاندارد Tappi به شماره T248 om-85 در چندین نوبت با استفاده از دستگاه PFI مرکز تحقیقات کارخانه چوب و کاغذ مازندران مورد پالایش قرار گرفت. خمیرهای پالایش شده در درجه های روانی مورد نظر تهیه شده و بطور جداگانه در کیسه‌های نایلونی نگهداری گردید. سپس از هر یک از خمیرکاغذهای پالایش شده بر طبق استاندارد Tappi به شماره T205 om-88، 12 کاغذ دست ساز با گرماژ 60 g/m^2 ساخته شد. پس از آن آزمونهای خواص نوری، فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی برای کاغذهای ساخته شده از درجه های روانی مختلف بر طبق استانداردهای Tappi انجام گردید و نتایج آن با آزمونهای آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. روشهای استاندارد مورد استفاده در زیر آورده شده است.

جدول 1- آزمون دانکن روشنی برای خمیر کاغذهای شیمیایی جوهرزدایی شده

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$			تکرار	تیمار (CSF)
3	2	1		
		89/88	12	500
	91/87		12	400
92/45			12	450

جدول 2- آزمون دانکن ماتی برای خمیر کاغذهای شیمیایی جوهرزدایی شده

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$		تکرار	تیمار (CSF)
2	1		
	81/12	12	400
	81/71	12	450
83/37		12	500



نمودار ۲- مقاومت به عبور هوا و ضخامت کاغذهای دست ساز در درجه های روانی مختلف

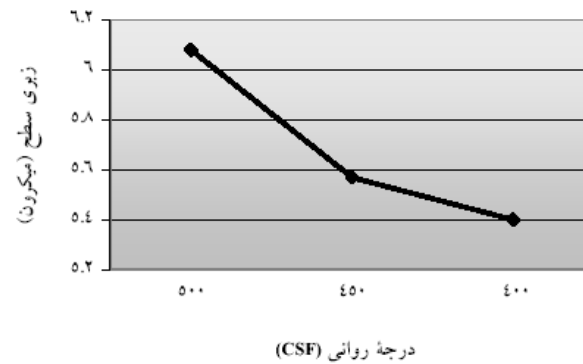
جدول 3- آزمون دانکن ضخامت کاغذهای دست ساز

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$			تکرار	تیمار (CSF)
3	2	1		
		98/33	3	400
	67/105		3	450
67/			3	500

112			
-----	--	--	--

جدول 4- آزمون دانکن مقاومت به عبور هوا در کاغذهای دست ساز

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$			تکرار	تیمار (CSF)
3	2	1		
		1/67	3	500
	3/37		3	450
4/90			3	400



نمودار 3- زبری سطح کاغذهای دست ساز در درجه های روانی مختلف

جدول 5- نتایج آزمون دانکن زبری سطح کاغذهای دست ساز

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$		تکرار	تیمار (CSF)
2	1		
	5/40	3	400
	5/57	3	450
6/08		3	500

تأثیر پالایش خمیرشیمیایی جوهرزدایی شده بر خواص نوری، فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی کاغذ



نمودار ۴- مقاومت به پارشدن و ترکیدن کاغذهای دست ساز در

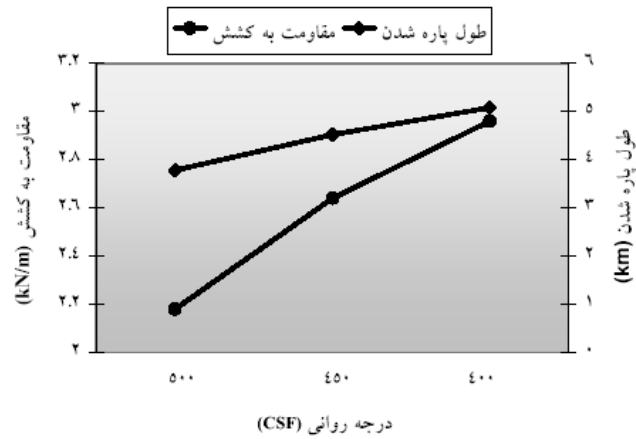
درجه های روانی مختلف

جدول ۶- نتایج آزمون دانکن مقاومت به پارشدن کاغذهای دست ساز

تیمار (CSF)	تکرار	گروه بندی ، $\alpha = 0/01$
500	3	1
450	3	495/67
400	3	481/33
400	3	448/67

جدول ۷- نتایج آزمون دانکن مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز

تیمار (CSF)	تکرار	گروه بندی ، $\alpha = 0/01$		
500	3	1	2	3
450	3	115/33		
400	3		144/00	
400	3			180/33



نمودار 5- مقاومت کششی و طول پاره شدن کاغذهای دست ساز در

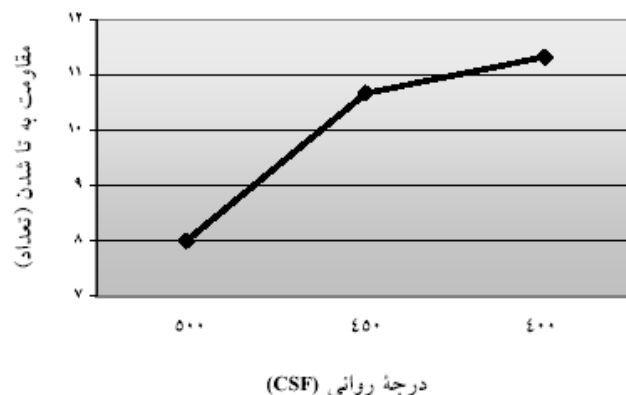
درجه های روانی مختلف

جدول 8- نتایج آزمون دانکن مقاومت به کشش کاغذهای دست ساز

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$			تکرار	تیمار (CSF)
3	2	1		
		2/18	3	500
	2/64		3	450
2/96			3	400

جدول 9- نتایج آزمون دانکن طول پاره شدن کاغذهای دست ساز

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$			تکرار	تیمار (CSF)
3	2	1		
		3/78	3	500
	4/52		3	450
5/09			3	400



نمودار ۶- مقاومت به تاشدن کاغذهای دست ساز در

درجه های روانی مختلف

جدول 10- نتایج آزمون دانکن دوام در برابر تاشدن کاغذهای دست ساز

گروه بندی ، $\alpha = 0/01$		تکرار	تیمار (CSF)
2	1		
	8/00	3	500
10/67		3	450
11/33		3	400

بیشتر Ash و افزایش روشنی خمیرکاغذ می‌گردد. در جدول 1 نتایج آزمون دانکن روشنی خمیرهای جوهرزدایی شده در سه درجه روانی مختلف نشان داده شده است. از طرف دیگر، همان طوری که در نمودار 1 نشان داده شده است، هر چقدر میزان پالایش افزایش می‌یابد ماتی کاغذها کمتر می‌گردد. از آنجایی که ماتی کاغذ رابطه مستقیمی با چگونگی شکست نور تابیده به کاغذ دارد می‌توان نتیجه گرفت با افزایش پالایش میزان شکست نور کاهش یافته است. این پدیده به دو دلیل ممکن است بوجود آمده باشد. اول اینکه در اثر پالایش از میزان تخلخل کاغذ کاسته می‌شود و در نتیجه دانسیته کاغذ افزایش می‌یابد. بنابراین کاهش تخلخل کاغذ باعث کاهش ماتی گردیده است. از طرف دیگر، در اثر پالایش بخشی از مواد معدنی و پرکننده موجود در خمیر بازیافتی

بحث

همان طوری که از نمودار 1 مشخص می‌گردد با افزایش میزان پالایش، روشنی کاغذهای دست ساز ابتدا افزایش و سپس کمی کاهش می‌یابد. نتایج آزمونهای آماری نیز حاکی از آن است که اختلاف مقادیر روشنی برای خمیرکاغذهای بازیافتی در سه درجه روانی مختلف بسیار معنی دار است. افزایش میزان روشنی کاغذها احتمالاً بدلیل حذف بیشتر مواد معدنی یا Ash خمیرکاغذ در اثر پالایش می‌باشد. Oye, R. و Yamagishi, Y. در سال 1981 افزایش محدودی (حدود 5٪) در روشنی خمیرهای کرافت پهن برگ و سوزنی برگ سفید شده و سفید نشده در اثر بازیافت کاغذ مشاهده نمودند. همچنین در سال 1995 R.W.J. McKinney گزارش کرد که پالایش خمیرهای شیمیایی بازیافتی باعث حذف مقادیر

ضخامت و مقاومت به عبور هوا برای کاغذهای حاصل از خمیرهای جوهرزدایی شده نشان داده شده است. با افزایش میزان پالایش، زبری سطح کاغذ بشدت کاهش می‌یابد. این موضوع در نمودار 3 نشان داده شده است. نتایج آماری نیز کاهش معنی‌دار زبری سطح کاغذ را تأیید می‌کنند. با توجه به مطالبی که قبلاً گفته شد در اثر پالایش، میزان ذرات ریز فیبری افزایش می‌یابد و همچنین متوسط طول الیاف نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه تراکم کاغذ بویژه در سطح بیشتر شده و سطحی با صافی بیشتر ایجاد می‌گردد. در جدول 5 آزمون دانکن زبری سطح کاغذهای دست ساز حاصل از خمیرهای جوهرزدایی شده نشان داده شده است.

همان طوری که در نمودار 4 نشان داده شده است با افزایش میزان پالایش (کاهش درجه روانی) مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز بطور مشخص افزایش یافته است که این موضوع به اثر پالایش در افزایش اتصالات بین فیبری مربوط می‌گردد. Anderson, Hosseiny, F. و در سال 1999 تأثیر طول و زبری الیاف را روی مقاومت به ترکیدن کاغذ مورد تحقیق قرار دادند. نتایج نشان داد که مقاومت به ترکیدن کاغذ متناسب است با مقاومت کششی (متوسط مقاومت کششی در جهت C D MD) و جذر کشش کاغذ در جهت MD تا نقطه گسیختگی [7]. مرکز فنی و تحقیقاتی "Weyerhaeuser" صحت این رابطه را برای کاغذهای دست ساز با جهت گیری الیاف تصادفی به اثبات رساند.

$$\text{کشش در جهت MD تا نقطه گسیختگی} \times \sqrt{\text{شاخص مقاومت به کشش (نیوتن متر بر گرم)}} \times F \times 311 = \text{مقاومت به ترکیدن (کیلو پاسکال)}$$

$$\text{زبری الیاف (میلی گرم در 100 متر)} \times 0.0063 - (\text{متوسط وزنی طول الیاف (میلی متر)} \times 0.151) + 1/027 = F \text{ ضریب تناسب}$$

بریدگی و کوتاه شدن الیاف است و از آنجا که مقاومت به پاره شدن کاغذ رابطه مستقیمی با طول الیاف خمیر کاغذ دارد، بنابراین با افزایش پالایش و کوتاه شدن الیاف،

حذف می‌گردد و از آنجایی که این مواد باعث شکست بیشتر نور می‌گردند حذف آنها باعث کاهش انکسار نور و عبارت دیگر کاهش ماتی کاغذ می‌گردد. بنظر می‌رسد که تأثیر کاهش مواد معدنی در افت ماتی کاغذ بیشتر از تأثیر کاهش تخلخل کاغذ باشد. پالایش خمیرهای شیمیایی بازیافتی باعث حذف بیشتر پرکننده‌ها (Ash یا Filler) از خمیر کاغذ شده و در نتیجه ماتی کاغذ حاصل کاهش می‌یابد. در جدول 2 نتایج آزمون دانکن ماتی برای خمیرهای جوهرزدایی شده آورده شده است.

در مورد ضخامت کاغذ، همان طوری که در نمودار 2 نشان داده شده است با کاهش درجه روانی، ضخامت کاغذ کاهش زیادی داشته است. نتایج آماری نیز حاکی از کاهش معنی‌دار ضخامت کاغذ در اثر پالایش می‌باشد. پالایش الیاف، باعث انعطاف پذیری بیشتر آنها می‌شود و علاوه بر آن، طول الیاف کاهش یافته و ذرات ریز فیبری بیشتری ایجاد می‌گردد. در این شرایط امکان تولید کاغذ متراکم‌تر و فشرده‌تر فراهم می‌شود و در نتیجه ضخامت کاغذ کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، همین عوامل باعث مقاومت بیشتر کاغذ در برابر عبور هوا می‌گردند. زیرا هر چقدر کاغذ متراکم‌تر می‌شود و یا بعبارت دیگر از میزان تخلخل آن کاسته می‌گردد، عبور هوا از میان حفره‌های موجود در کاغذ مشکلتر شده و در نتیجه مقاومت کاغذ در برابر عبور هوا افزایش می‌یابد. نتایج آماری نیز بیانگر آن است که با افزایش میزان پالایش، مقاومت کاغذهای دست ساز در برابر عبور هوا بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد. در جدول‌های 3 و 4 آزمون دانکن

همچنین با افزایش میزان پالایش (کاهش درجه روانی)، مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست ساز کاهش می‌یابد. در واقع، یکی از آثار عملیات پالایش روی خمیر کاغذ،

دست ساز بطور معنی داری افزایش می یابد. مقاومت به تا شدن کاغذ علاوه بر میزان اتصالات بین فیبری به میزان انعطاف پذیری الیاف نیز مربوط می گردد. ساختار الیاف بازیافتی بنحوی است که انعطاف پذیری کمتری نسبت به الیاف خمیر بکر دارند. بعبارت دیگر دیواره های الیاف بازیافتی در طی فرایند کاغذسازی سخت شده و انعطاف پذیری آن کاهش یافته است. بهمین دلیل الیاف بازیافتی شکننده بوده و مقاومت آنها به تا شدن کم است. در اثر پالایش، دیواره های الیاف بازیافتی از هم بازتر شده و امکان ورود آب به درون ساختار متراکم و سخت دیواره ای فراهم می گردد. در نتیجه، الیاف متورم شده و انعطاف پذیری آنها افزایش می یابد که در نهایت منجر به بهبود مقاومت به تا شدن کاغذ می گردد. در جدول 10 آزمون دانکن دوام در برابر تا شدن کاغذهای دست ساز حاصل از خمیرهای جوهرزدایی شده آورده شده است.

نتیجه گیری

پالایش الیاف بازیافتی باعث بهبود مقاومتهای مکانیکی کاغذ می گردد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در اثر پالایش الیاف بازیافتی، کلیه مقاومتهای مکانیکی کاغذ به استثناء مقاومت به پاره شدن افزایش معنی داری داشته اند. در مورد مقاومت کاغذ به پاره شدن باید گفت، اگرچه پالایش الیاف بازیافتی باعث کاهش این نوع مقاومت گردیده است، ولی آزمونهای آماری حاکی از آن است که این کاهش مقاومت معنی دار نیست. نکته حائز اهمیت در مورد مقاومتهای مکانیکی کاغذهای دست ساز، مقاومت به تا شدن می باشد. نتایج آزمونها نشانگر آن است که مقاومت به تا شدن کاغذهای دست ساز در اثر پالایش الیاف بازیافتی بطور معنی داری افزایش داشته است که این امر بیانگر بهبود انعطاف پذیری الیاف بازیافتی در اثر عملیات پالایش می باشد. در اثر پالایش، روشنی کاغذ بطور معنی داری افزایش و ماتی کاهش می یابد. همچنین پالایش الیاف بازیافتی باعث ایجاد ذرات ریز فیبری بیشتر می گردد که از یکسو منجر به کاغذی با ضخامت و زبری

مقاومت به پاره شدن کاغذ بدست آمده کاهش می یابد. نتایج آماری حاکی از آن است که کاهش مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست ساز معنی دار نیست. این موضوع از آن جهت حائز اهمیت است که به رغم افزایش معنی دار سایر مقاومتهای مکانیکی کاغذ، مقاومت به پاره شدن کاهش معنی داری نداشته و بنابراین عملیات پالایش از هر نظر دارای اثرهای مثبتی در بهبود مقاومتهای مکانیکی کاغذ است. در جدولهای 6 و 7 آزمون دانکن مقاومت به پاره شدن و مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز حاصل از خمیرهای جوهرزدایی شده آورده شده است.

همچنین از نمودار 5 مشخص می گردد که با کاهش درجه روانی طی دو مرحله از 500 به 450 و سپس به 400 CSF میزان مقاومت به کشش کاغذ بطور معنی داری افزایش می یابد. در واقع، با افزایش میزان پالایش، فیبریلایون الیاف زیاده تر شده و در نتیجه با افزایش اتصالات بین فیبری، مقاومت به کشش کاغذ افزایش می یابد. در واقع، یکی از روشهای بهبود قابلیت کاغذ سازی خمیرهای شیمیایی بازیافتی، پالایش الیاف است. این روش در مقیاس آزمایشگاهی توسط de Ruvo, A., Lundberg, R., Fellers, C., Kolman, M. Oye, R., (1987) و در مقیاس پایلوت و صنعتی توسط Okayama, T., Kitayama, T. (1976) مورد آزمایش قرار گرفته و موفقیت آن اثبات گردیده است. همچنین با افزایش میزان پالایش، طول پاره شدن کاغذهای دست ساز بطور معنی داری افزایش یافته است که بدلیل بهبود اتصالات بین فیبری می باشد. در جدولهای 8 و 9 آزمون دانکن مقاومت به کشش و طول پاره شدن کاغذهای دست ساز حاصل از خمیرهای جوهرزدایی شده آورده شده است.

تأثیر پالایش بر مقاومت به تا خوردن کاغذ در نمودار 6 نشان داده شده است. با توجه به این نمودار مشخص می گردد که کاهش درجه روانی باعث افزایش دوام کاغذ در برابر تا شدن می شود. نتایج آماری بیانگر آن است که با افزایش میزان پالایش، مقاومت به تا شدن کاغذهای

سطح کمتر و از سوی دیگر باعث افزایش مقاومت کاغذ در برابر عبور هوا می‌گردد.

لازم برای ساخت کاغذهای دست ساز و آزمونهای مربوطه را فراهم نمودند، تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Lumiainen, Jorma J., 1992. Refining recycled fibers: advantages and disadvantages. Tappi Journal, 92-97.
- Bhat, Ganapati R., Heitmann, John A., Joyce, Thomas W., 1991. Novel techniques for enhancing the strength of secondary fiber. Tappi Journal, 76-83.
- Rangamannar, G., Silveri, L., 1990. Effective secondary fiber treatment process for high quality deinked pulp. Tappi Journal, 188-191.
- DeFoe, Ronald J., 1993. Optimal refining conditions for development of OCC pulp properties. Tappi Journal, 76(2): 157-161.
- Mckinney, R.W.J., 1995. Technology of Paper Recycling. Chapman & Hall, UK.
- Tappi Standard Methods, 2000. Tappi Press. USA.
- Hosseiny, F., Anderson, D. Effect of fiber length and coarseness on the burst strength of paper. Corrugating International, July 1999, pg. 27.

سپاسگزاری

نگارنده از مساعدتهای مدیریت کارخانه کاغذ سازی لطیف، آقای مهندس مزارعی که امکانات آزمایشگاهی لازم برای جوهرزدایی کاغذهای باطله را فراهم نمودند، قدردانی می‌نماید. همچنین از مدیریت بخش تحقیقات شرکت چوب و کاغذ مازندران که امکانات آزمایشگاهی

Archive of SID

Effect of refining of deinked pulp on the optical, physical and mechanical properties of paper

Talaeipour, M*

1*- Corresponding author, Assistant Professor. Islamic Azad University. Science and Research Branch. Tehran. Iran.

Email: m.talaeipour@srbiau.ac.ir

Received: Jan. 2008 Accepted: May, 2008

Abstract

The effect of refining of recycled pulp on the optical, physical and mechanical properties of paper was investigated. The results showed that, except tear strength, all of mechanical strength of paper significantly increases by refining. While, by refining of recycled pulp the brightness increases but the opacity decreases. Also, caliper and roughness of paper decreases. Refining of recycled pulp result in increasing Porosity.

Key words: Recycled Fiber, Refining, Deinking, Opacity, Tensile Strength, Roughness, Folding Endurance

Archive of SID